高级语义视觉信息能在无意识条件下被加工：来自连续闪烁抑制范式的元分析证据

冷晓雪 [1*]
[1]（华中师范大学心理学院 武汉 430079）

摘要：高级语义信息是否能被无意识地感知和加工一直是整个心理学界广泛探讨并具有争议的问题。研究针对 2004 年 Tsuchiya 提出的用于研究阈下加工的新范式——连续闪烁抑制范式(CFS, continuous flash suppression)，探究了高级语义信息在这一范式中的加工情况，并对比了该范式的两项变式，CFS 下启动效应和突破-连续闪动抑制(b-CFS)。研究结果发现，就 CFS 范式来看，语义加工存在于无意识情景中，这一结果与 Van den Bussche 等(2009)的元分析结果一致，但 CFS 下启动范式的元分析结果并不与先前研究一致。我们推测，这是由于 CFS 虽然增长了无意识加工的时间，但是实际上干扰了正常的无意识加工过程，导致实际的效应没有启动范式强。

关键词：无意识加工；连续闪动抑制；元分析

Semantic Information can be Processed Unconsciously: Evidence from Meta-Analysis in Continuous Flash Suppression

Leng Xiaoxue[1]
[1](Department of Psychology, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Whether high-level semantic information can be perceived and processed unconsciously has been widely discussed and debated. We focused on the new paradigm of subliminal processing proposed by Tsuchiya in 2004 -- CFS (continuous flash suppression). This study explored the processing of high-level semantic information in this paradigm, and compared the two variations of this paradigm, the priming effect under CFS and the breaking continuous flash suppression (b-CFS).The results showed that, in terms of CFS paradigm, semantic processing exists in the unconscious level, which is consistent with the meta-analysis results of Van den Bussche et al. (2009). However, results of priming under CFS paradigm are not consistent with the previous studies. We speculated that this was because, although CFS lengthens the time duration of unconscious processing, it actually interferes with the process of unconscious processing, resulting in the fact that the actual effect is not strong.

Key words: unconscious processing; continuous flash suppression; meta-analysis

1 引言

许多研究表明，语义信息能够在意识条件下被感知和加工，那语义信息又是否能够在无意识条件下被感知和加工？早在 1983 年，Marcel 便探究了无意识条件下的语义启动效应。实验先向被试呈现可见的(意识的)或被掩蔽的不可见的(无意识的)启动单词刺激，随后呈现目标刺激，被试被要求判断目标刺激为词还是非词，结果发现，在无意识条件下，被试的反应时在启动刺激与目标刺激具有语义联系的情况下比不具有语义联系的情况下要快;这一结果被认为是启动刺激能够被无意识地分类并进行语义加工的重要证据。Dehaene 等(1998)的研究采用表示数字的单词作为启动刺激，同时在行为学、脑电和 fMRI 实验结果中发现了相同的结论。

虽然有较多的实证研究支持无意识条件下语义加工的存在，但同时也存在部分研究结果反对这一结论(e.g. Greenwald & Liu, 1985; Zimba & Blake, 1983) 为了统合矛盾的研究结果，探究无意识条件下是否存在语义加工，Van den Bussche, Van den Noortgate 和 Reynvoet (2009)采用了元分析的手段，针对阈下启动效应中的语义分类任务(判断目标刺激为积极或消极)、词汇判断任务(判断目标刺激为词或非词)和命名任务(大声念出目标刺激)三项任务，分别得到了 0.80 (95%CI: 0.60, 1.00)和 0.47(95%CI: 0.36, 0.59)的平均效应量，证明了语义加工在阈

* **通讯作者**：冷晓雪，Email: lengxx@mails.ccnu.edu.cn

下启动范式中的存在。但此项元分析的研究结果仅对启动效应进行了探究。

2004 年，Tsuchiya 在双眼竞争范式的基础上提出了连续闪烁抑制范式(CFS, continuous flash suppression)，为无意识情境下的高级认知加工研究提供了新的方法。CFS 基于双眼竞争技术，但又并不完全等同于双眼竞争，它向主眼呈现连续闪烁的图像，同时向另一只眼呈现静止的刺激，静止的刺激被闪烁的图像所抑制，由此使得无意识视觉刺激的持续时间从几十毫秒延长至几秒(Tsuchiya & Koch, 2005)。相比于双眼竞争，CFS 对刺激的抑制更为稳定，并且抑制的时间更长，在长时间的稳定抑制下，视觉信息被认为能够被深度地完全地加工，而不是仅仅是部分感知。已经有许多研究者发现，在 CFS 抑制的无意识环境下，高级信息是能够被加工的，如物体分类(Almeida, Mahon, Nakayama & Caramazza, 2008)，数字加工(Bahrami et al., 2010)以及面部表情的情绪处理(Yang, Zald & Blake, 2007)。

新的范式引入了新的生机的同时，也提供了新的矛盾结果。Costello 等人(2009)将 CFS 和启动范式相结合，稳定地抑制了启动刺激的呈现，观察到了无意识的语义启动效应。但 Kang, Blake 和 Woodman(2011)却没有在相同步骤的实验中发现支持这一结论的 ERP 证据。Sklar 等人(2012)采用突破-连续闪动抑制范式(b-CFS, breaking continuous flash suppression)来探究无意识环境下的句子阅读，实验向被试呈现被 CFS 掩蔽的刺激，一旦被试观察到刺激(即刺激突破无意识进入意识层面)便快速地进行按键，刺激呈现到按键的这一段时长被作为衡量无意识加工深度的标准，时间越长说明无意识加工的内容越多。结果发现，不符合语法规则的句子反应时长比符合语法规则的显著地长，这一结果说明了阈下的复杂句子意义加工的存在。但随后更大样本量的重复实验却并没有重复出相同的结果(Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018)。

大量的 CFS 文献为无意识语义加工问题提供了矛盾的证据，综合不同的研究的矛盾结果可能会得到较为统一的结论，而元分析是一种用于系统地评估过去研究的定量研究设计，能够合并分析独立的研究，对大量的、复杂的、相互矛盾的文献进行综合和定量的审查，提供对问题结果更精确的估计，适用于统合过去的 CFS 下无意识语义加工的研究，对阈下情景下的语义加工进行较为精准的估计。本研究便采用元分析的手段，检验无意识条件下语义加工的效应，并探查对结果产生调节作用的变量。

2 调节变量

2.1 CFS 范式下的不同范式

Yang 等人(2014)将 CFS 范式分成了三种不同的范式：(1)CFS 范式下的适应后效应(adaptation aftereffect); (2)CFS 下的启动效应(priming effect); (3)突破-连续闪动抑制(b-CFS)。适应后效应在行为学实验中较为少见，所以本研究不讨论这一方法。在 CFS 下启动效应中，CFS 用于掩蔽启动刺激，使其在无意识状态下稳定呈现更长时间，接着向被试呈现目标刺激进行反应；启动刺激和目标刺激的联系越强，被试对目标刺激的反应时越快、准确率越高。在 b-CFS 方法中，仅向被试呈现单独的被掩蔽的刺激直至刺激突破 CFS 掩蔽进入意识层面，刺激呈现到刺激突破的时间长度即为被试在 CFS 情境下的阈限，复杂或者不熟悉的刺激突破掩蔽的时间较长。

2.2 意识水平

在无意识研究中，不论采取哪种范式、使用何种统计方法，被试是否能在视觉上感知到刺激的存在是一个极其重要的变量。因此，在实验中，明确意识知觉和无意识知觉之间的界限是非常重要的一步。意识状态是根据主观阈值或客观阈值来划分的。在使用主观阈值时，参与者被要求报告对启动刺激的感知状态，在刺激是可见还是不可见之间做出选择。如果一个刺激确实出现时，被试报告没有看到任何刺激，那么在这个试次中，被试被认为是在无意识状态下加工信息。客观阈值将被试进行判断的自信程度纳入考量。想象一下，如果参与者不确定他们是否真的感知到了刺激，他们应该选择可见还是不可见呢？考虑到这种不确定性，使用客观阈值的研究人员通常不会将一次试次中的反应作为衡量这一试次意识水平的指标，而是通常使用信号检测论的方式来衡量整个实验中被试的意识水平(Doyen, Klein, Simons & Cleeremans, 2014)。

在 b-CFS 范式中，不同的反应任务也会带来意识水平不同这一问题(Yang et al., 2014)。从什么都看不见到彻底突破掩蔽，刺激突破 CFS 的过程处于一个不确定的灰色地带，难以确切地区分意识和无意识状态。许多研究证据指出，不管使用哪种方法来探究意识问题，复杂刺激的视觉意识在不同的层次上是不同的(e.g., Kang et al., 2011; Kouider & Dupoux, 2004;

Overgaard et al., 2006; Sandberg et al., 2010)，Mudrik 等人(2013)的研究指出，在将颜色识别和位置判断的正误作为阈限的两种条件下，被试对判断面孔是否为熟悉面孔的结果是不同的。所以，被试是对刺激的出现进行反应还是对刺激的位置进行反应或者对其他成分进行反应，可能会影响到最终的实验结果。

2.3 其他调节变量

在 Rabagliati 等(2018)和 Karpinski 等(2018)的重复实验中，均采用了较原实验更大的样本量进行研究，得到了与原实验不符的结论。如果存在发表偏倚，元分析结果将会倾向于夸大小样本研究的效应量，小样本研究中观察到的效应量可能会大于大样本研究(Begg & Berlin, 1998)。因此，本研究将检验样本量的调节作用。材料刺激的不同会带来加工难度的变化，刺激越复杂，加工难度越高。所以，材料刺激也将作为调节变量被检验。

此外，抑制刺激的时间长短有可能与 CFS 下视觉处理的抑制深度有关(见 Moors & Hesselmann, 2018)，所以启动刺激时长单独作为 CFS 下启动范式下的调节变量被检验。

3 方法

3.1 文献检索

本文主要通过在主要中英文文献数据库搜索中文和英文文献来获取实证研究。本研究将时间区间限制在 2004 年(Tsuchiya 于 2004 年发表第一篇 CFS 文献)到 2020 年 3 月之间。本研究遵循以下的文献搜索步骤：(1)通过“continuous flash suppression”和“semantic”英文关键词、“连续闪烁抑制”和“语义”中文关键词进行文献搜索，从 Web of Science、Pubmed、PsycINFO 的英文文献搜索数据库获取英文发表文章，PsychArxiv 预印本平台获取英文未发表文章，知网、万方数据库中搜索获取中文发表文章和硕博论文。(2)在 *Consciousness and Cognition*, *Frontiers in Psychology* 等发表较多 CFS 相关文章的期刊上单独进行搜索。(3)采用文献回溯法，通过实证研究和综述的参考文献列表进行进一步检索。(4)如果无法在数据库中搜索到完整文章，将会通过邮件向通讯作者进行询问。

3.2 文献纳入和排除

本研究通过以下标准纳入和排除搜索到的文献：(1)文章必须为完整的标准的心理学实证研究，非心理学的研究、综述或不完整的文章将会被排除。(2)文章必须提供行为学实验的统计结果，仅提供 EEG 或 fMRI 实验结果的文章将会被排除。(3)文章必须采用 CFS 范式下的方法进行相关研究，采用启动、双眼竞争等其他范式的文章将会被排除。(4)文章必须对视觉领域中的语义加工进行研究，在 CFS 下启动范式中，启动刺激与靶刺激之间必须有直接的语义联系(如，秋天-丰收)，在 b-CFS 范式研究中研究的内容必须涉及到语义层面(如，不同情绪的词汇之间突破时间的差别)。同时，研究听觉、触觉等其他感觉的文章将会被排除。(5)文章必须对阈下的情景进行研究，如果启动刺激在时长超过 100ms 的同时没有进行掩蔽，那这个研究将会被排除。(6)文章必须对健康被试的情况进行研究，个案研究和针对临床样本的研究将会被排除。(7)研究需要提供相应的统计信息(如，样本量，平均数、标准差或者 t 值、F 值等)用以计算效应量，如果统计信息不完整，应当优先通过邮件向作者询问是否能提供必要数据。如果作者未进行回复或者表示拒绝提供信息，该研究才会被排除。

文献的纳入和排除如图所示。在排除相同的文献后，本研究总共收集了 86 篇文献，排除不符合标准的文献后，从符合标准的 7 篇文章中得到 25 个效应量参与进行元分析。

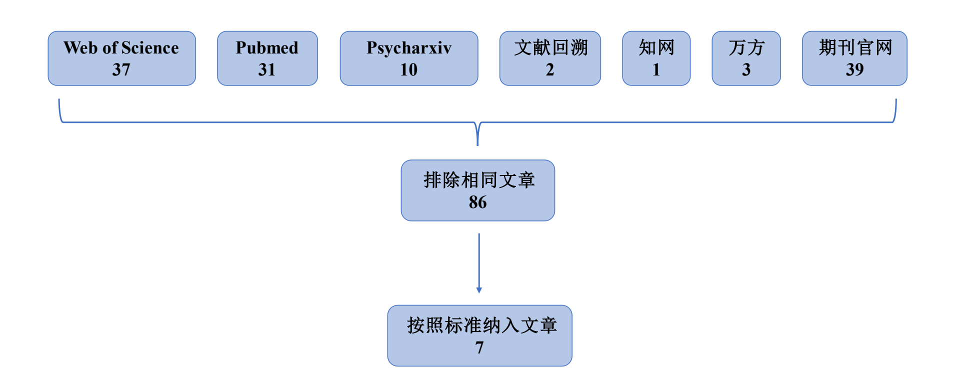


图 1 文献纳入过程

3.3 文献编码

表 1 中呈现了将会被编码的变量、编码内容和每个变量对应的操作性定义。对于符合标准的 7 篇文章，两名研究者分别依照表中的编码规则进行编码。为了表明编码的有效性和可靠性，两名研究者将编码结果进行对比，发现无明显差异。

表 1 文献编码

变量名	编码	变量的操作性定义
样本量	连续型变量	表示每个研究中的样本量，具体数据以结果部分报告的数据为准
语言	1=中文 2=英文 3=日语 4=希伯来语	表示实验中所使用的语言类型，不表示被试母语
方法	1=CFS 下启动范式 2=b-CFS 范式	表示该实验中采用了哪种方法
启动刺激类型	1=词语 2=短语或句子	表示该实验中使用的启动刺激材料的类型
试次	连续型变量	表示该实验中每个被试总共接受了多少个试次的实验
启动刺激时长	连续型变量	表示该实验中启动刺激所呈现的时间长度，该变量仅出现在 CFS 下启动范式中
是否检验意识水平	0=否 1=是	表示该实验是否采用了任何方式来检验实验中被试所处的意识状态。在 b-CFS 范式中默认检验了意识水平，即该范式下所有该项编码均为 1。 由于实际编码中，所有实验均检验了意识水平，所以该项不呈现
意识水平检验手段(a)	1=主观阈值检验 2=客观阈值检验	表示该实验使用了哪种意识检验手段，仅对 CFS 下启动范式下的实验进行编码。 由于实际编码中，所有实验均采用了主观阈值检验，所以该项不呈现

意识水平检验手段(b)	1=对刺激进行反应 2=对刺激的位置进行反应	表示该实验中每个试次达到了哪个意识水平，仅对 b-CFS 范式下的实验进行编码

3. 4 效应量

本研究中符合标准的文献均采用了单样本组内实验设计，在这种设计中，所有被试均接受了所有条件下的实验操作。由于大部分研究仅提供了样本量、t 值或 F 值的数据，所以本研究采用 Rosenthal(1991)提供的计算方法，通过 t 值或 F 值来计算 Cohen's d 效应量。同时，我们依照 Morris 和 DeShon(2002)的计算方法，对抽样误差(SE)进行估计。

表 2 呈现了每项研究的编码结果、样本量和抽样误差。

表 2　编码结果

作者+年份	样本量	语言	方法	启动刺激类型	试次	启动刺激时长	意识水平检验手段(b)	d	se
Kido et al., 2014 exp 3	24	3	1	1	72	80		0.27	0.22
Lei et al., 2017	16	1	1	1	540	500		0.31	0.27
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 1	48	2	2	2			2	0.17	0.14
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 2	48	2	2	2	300		2	0.12	0.15
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 3	71	2	2	2			2	-0.02	0.12
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 4	68	2	2	2			2	-0.01	0.12
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 5	68	4	2	2			2	0.01	0.12
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 6	62	2	2	2			2	0.22	0.13
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 7	62	2	2	2			2	0.05	0.13
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 8	60	2	2	2			2	0.02	0.13
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 9	64	2	2	2			2	0.01	0.13
Rabagliati, Robertson & Carmel, 2018 exp 10a	26	2	2	1			2	-0.07	0.20
Sklar et al., 2012 exp 1	31	3	2	2			2	0.47	0.20
Sklar et al., 2012 exp 2	21	3	2	2			2	0.64	0.25
Sklar et al., 2012 exp 4a	30	3	2	2			2	1.11	0.24
Sklar et al., 2012 exp 4b	28	3	2	2			2	0.93	0.24
Yang et al., 2017 exp 1a	30	1	1	2	320	750		0.04	0.19

Yang et al., 2017 exp 1b	30	1	1	2	640	750		-0.12	0.19
Yang et al., 2017 exp 2b	30	1	1	2	640	750		-0.14	0.19
Yang et al., 2017 exp 4a	24	1	1	2	640	750		0.08	0.21
Yang et al., 2017 exp 4b	24	1	1	2	640	750		-0.07	0.21
Yang & Yeh, 2011 exp 1	12	1	2	1	48		1	1.13	0.41
Yang & Yeh, 2011 exp 2	12	1	2	1	48		1	0.80	0.37
Zabelina et al., 2013 a	21	2	1	1	100	3000		-0.85	0.27
Zabelina et al., 2013 b	21	2	1	1	100	3000		-0.18	0.23

注：d 和 se 在表格中均保留两位小数，在实际计算中保留尽可能多的小数位数进行计算

3.5 软件和模型

所有数据分析均使用 R 语言在 RStudio 软件中实现(R Core Team, 2019; RStudio Team, 2016)。Metafor 统计包中的 rma.uni()函数用于实现元分析的主要分析过程(Viechtbauer, 2010)。

由于本研究纳入的文献在样本量、被试母语、材料刺激、试次数目等多方面变量上存在差异，所以本研究假设进行元分析的所有研究均为随机样本，将方法等变量作为调节变量来尝试解释研究的异质性。因此，本研究采用随机效应模型(random-effect model)和限制最大似然估计(restricted maximum-likelihood estimation)来估计效应量和检验调节变量。

4 结果

4.1 主效应检验

对语义的主效应进行检验，确定高级语义加工是否存在于阈下情景。如图 1，根据随机效应模型，语义的平均效应量为 0.16(95%CI: 0.02, 0.30)。结果表示语义的主效应显著($z = 2.25$, $p = 0.024$)，高级语义信息能在阈下情景下进行加工。分别对 CFS 下启动效应范式和 b-CFS 范式中的语义加工进行主效应检验，结果发现在 CFS 下启动效应范式中，语义的平均效应量为-0.06(95%CI: -0.24, 0.12)，主效应不显著($z = -0.66$, $p > 0.1$)；在 b-CFS 范式下，语义的平均效应量为 0.28(95%CI: 0.10, 0.45)，主效应显著($z = 3.12$, $p < 0.01$)。

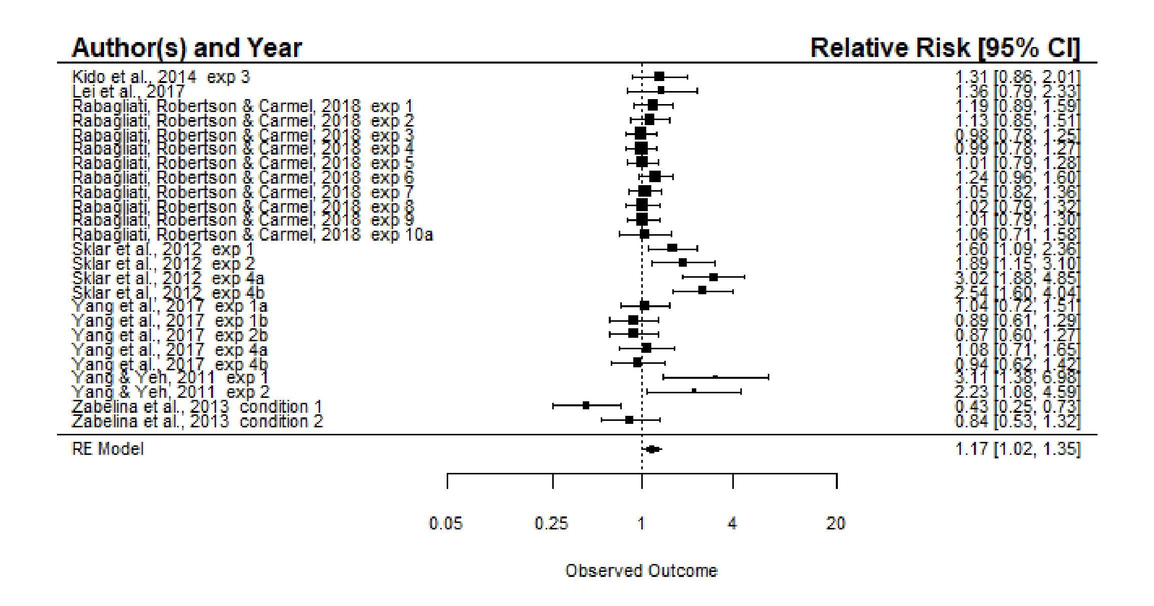


图 2　语义的主效应结果

4. 2 异质性检验

根据 Higgins 和 Thompson(2002)的建议，采用 H^2 检验和 I^2 检验来估计效应量的异质性。I^2 检验的结果以 I^2 的形式呈现，反映了真实的差异产生的变异在观察到的总变异中所占的比例。H^2 检验的结果以 H 的形式呈现，反映了观察到的总变异与抽样变异的比值。除了以上检验，metafor 还提供了 Q 检验(Cochran, 1954)作为检验异质性的依据，用于检验观察到的变异是否大于估计的抽样变异，如果两者之间存在显著差异，说明异质性较高。

对结果进行异质性检验，估计的真实变异量 T^2 为 0.085(SE = 0.035)。Q 检验结果显著(Q = 70.79, df = 24, p < .0001)，表明效应量显著异质。I^2 值为 73.71，这一结果表明真实差异产生的变异在观察到的总变异中占有 73.71%的比例，根据 75%法则，I^2 检验结果大于 75%表明异质性高，结果的异质性偏高。H^2 检验的结果为 1.949。根据 Higgins 和 Thompson(2002)的观点，一旦 H 值大于 1.5，可得出该研究异质性相对较高的结论。

在 CFS 下启动效应范式中，估计的真实变异值 T^2 为 0.026 (SE = 0.036)。Q 检验结果显著(Q = 13.88, df = 8, p = 0.085)，效应量同质。I^2 检验结果表明真实差异产生的变异在观察到的总变异中占比 35.70%，H^2 检验结果为 1.25，异质性较低。在 b-CFS 范式中，估计的真实变异值 T^2 为 0.090 (SE = 0.045)。Q 检验结果显著(Q = 49.97, df = 15, p < .0001)，效应量显著异质。I^2 检验结果表明真实差异产生的变异在观察到的总变异中占比 78.06%，H^2 检验结果为 2.14，异质性较高。

4. 3 调节效应检验

本研究检验了样本量、方法、材料刺激和意识水平四种变量对无意识情境下高级语义加工的调节作用。由于收集到的 CFS 下启动效应范式实验均采用了主观阈值来衡量意识水平，实验之间不存在差异，所以不在该范式中检验意识水平的调节作用，仅检验 b-CFS 范式中意识水平的调节作用。同时，我们将单独检验启动刺激时长对于 CFS 下启动效应范式的调节作用。Q_E 检验是将调节变量纳入考虑的 Q 检验变式，用于检验未考虑某调节变量时观察到的结果变异是否大于抽样变异，如果两者具有显著差异，则表明该调节变量并不能较好地解释研究中的总体异质性。

结果表明，样本量和材料刺激均不具有显著的调节作用，$Q_{样}$(df = 1) = 2.00, p = 0.1571；$Q_{材}$(df = 2) = 5.03, p = 0.0809。方法在无意识情境下高级语义加工中具有显著的调节作用，Q(df = 2) = 11.09, p = 0.0039。

在 CFS 下启动范式中，样本量和材料刺激不具有显著的调节作用，$Q_{样}$(df = 1) = 0.0037,

p = 0.9; $Q_{材}(df = 2) = 0.0194, p = 0.99$。启动刺激时长具有显著的调节作用，$Q(df = 1) = 6.43$, $p = 0.0113$，且 Q_E 检验结果表明启动刺激时长能够较好地解释异质性，$Q_E(df = 7) = 7.46, p = 0.383$。

在 b-CFS 范式中，材料刺激不具有显著调节作用，$Q(df = 2) = 1.4706, p = 0.4794$。样本量具有显著的调节作用，$Q(df=1) = 31.01, p < 0.0001$，同时 Q_E 检验表明，样本量能够较大程度上解释该范式的异质性，$Q_E(df=14) = 18.96, p = 0.167$; 意识水平具有显著的调节作用，$Q(df=2) = 15.58, p = 0.004$，但该调节变量并不能较好地解释异质性。

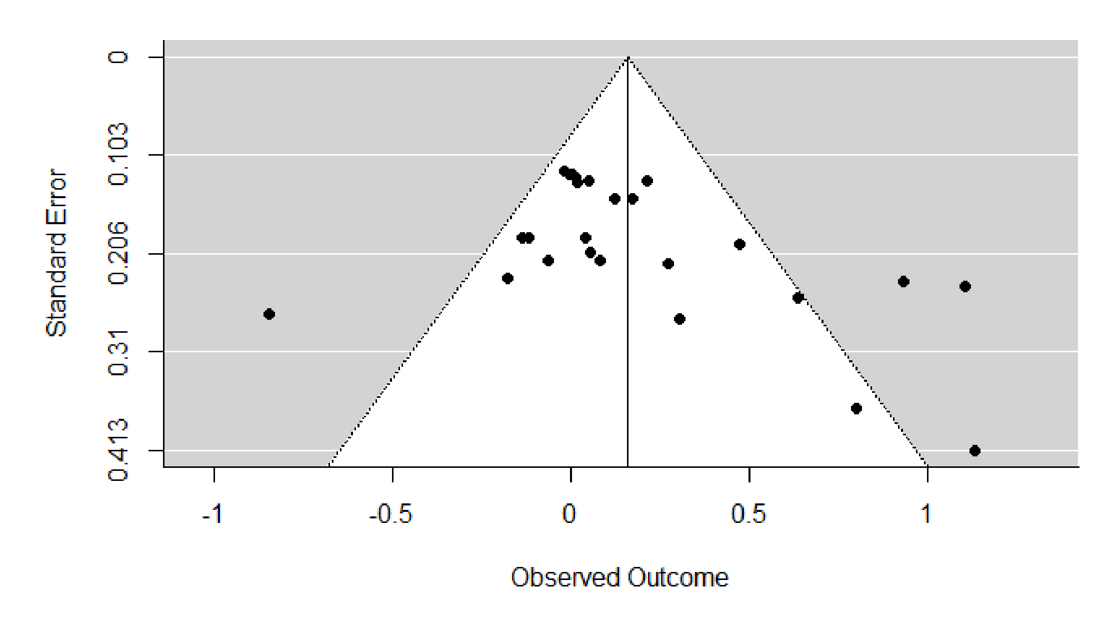


图 3　CFS 范式的漏斗图

3.4 发表偏差

本研究采用漏斗图(funnel plot)， Egger 线性回归检验(Egger linear regression test)和剪补法(trim and fill method)三种方法来评价发表偏差。漏斗图用于判断异质性的存在和观察是否存在特定形式的发表偏倚，x 轴上对应每个研究观察到的效应量，y 轴对应相应研究的标准误差，垂直线表示基于模型的估计效应量，CFS 范式的漏斗图如图 2。Egger 线性回归检验通过计算观察到的结果和对应的标准误差的相关来检验发表偏差，相关性越大表明发表偏差越小。剪补法估计漏斗图其中一侧缺失的研究数目，由此增补数据使漏斗图的两侧更加对称。但值得注意的是，剪补法并不能通过增补数据来得到更精确的估计结果，仅能将其作为发表偏差的检验方式(Duval & Tweedie, 2000)，所以增补后的数据仅作为参考。

由于效应量的异质性较高，为了控制潜在调节因子的影响，本研究采用 Egger 线性回归检验中的随机或混合效应模型回归检验来检验发表偏差(Sterne & Egger, 2005)，结果表明本研究存在发表偏差($z = 2.50, p = 0.012$)，CFS 下启动效应范式不存在较大发表偏差($z = -0.68, p = 0.497$)，b-CFS 范式存在较大的发表偏差($z = 6.02, p < .0001$)，样本量的调节作用也支持了这一结论。

剪补法的结果表明 CFS 范式和 CFS 下启动效应范式均不需要再增补数据；而 b-CFS 范式在漏斗图的左侧增补一个数据为宜，增补后该范式中语义的平均效应量为 0.25(95%CI: 0.07, 0.43)，主效应依然显著($z=2.80, p<0.01$)。

4 讨论

本研究探究了无意识条件下高级语义加工是否存在这一问题。就 CFS 范式来讲，语义加工存在于无意识情景中，这一结果与 Van den Bussche 等(2009)的元分析结果一致，但 CFS 下启动范式的元分析结果并不与先前研究一致。

CFS 下启动范式中与启动范式极其相似，唯一的不同点在于 CFS 下启动范式中的启动

刺激由 CFS 掩蔽，而启动范式不掩蔽启动刺激或在刺激的前后进行掩蔽。根据 CFS 下视觉信息能够被更深度地完全地加工的假设，CFS 下启动范式的无意识加工时间更长，无意识加工的强度更高，效应更强，但元分析结果并不完全支持这一结论。在 CFS 下启动范式中，启动刺激时长具有显著的调节作用并能够较好地解释异质性，表明 CFS 掩蔽下信息确实在随着时间不断地被加工，加工时间越长，强度越高。但与假设相反，相比于 CFS 下启动范式，启动范式的元分析结果反而表明了无意识语义加工的存在，启动范式的效应更强。这一结果的产生可能是因为 CFS 破坏了无意识加工的过程，从而抑制了无意识状态到意识状态的转变，进而增长了无意识加工的时长。也就是说，CFS 虽然增长了无意识加工的时间，但是实际上干扰了正常的无意识加工过程，导致实际的效应没有启动范式强。Izatt 等(2014)的研究表明了在启动刺激时长相同的情况下，重复启动和身份启动在掩蔽启动条件下均比在 CFS 条件下有更强的效应，由此可以推论出 CFS 掩蔽可能干扰了刺激的无意识加工，支持了以上猜想。

本研究也存在部分问题。受限于研究问题、发表研究数目和纳入标准，此研究纳入的实验数目较少，结论可能不具有较大普遍性，且部分效应量来自于同一研究，这有可能导致效应量之间存在较大关联。同时，b-CFS 范式的发表偏差较大，b-CFS 范式的一系列分析结果都应谨慎解释。

由于 CFS 下启动范式中与启动范式的元分析结果存在差异，后续研究可将 CFS 范式和启动范式进行直接对比，通过实验的方式或者利用其他统计方法，检验 CFS 掩蔽是否确实能够增强无意识加工的效果。后续研究也可以采用 fMRI 技术，通过对比 CFS 掩蔽和非 CFS 掩蔽的脑区活动，探究 CFS 掩蔽对视觉加工的影响，进一步探究其作用。

参考文献：

Almeida, J., Mahon, B. Z., Nakayama, K.,& Caramazza, A. (2008).Unconscious processing dissociates along categorical lines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *105*, 15214–15218.

Bahrami, B., Vetter, P., Spolaore, E., Pagano, S., Butterworth, B., & Rees, G. (2010). Unconscious numerical priming despite interocular suppression. *Psychological Science*, *21*, 224–233.

Begg, C. B., & Berlin, J. A. (1988). Publication Bias: A Problem in Interpreting Medical Data. *Journal of the Royal Statistical Society*. *Series A (Statistics in Society)*, *151*(3), 419-463.

Cochran, W. G. (1954). The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*, *10*,101–129.

Costello, P., Jiang, Y., Baartman, B., Mcglennen, K., & He, S. (2009). Semantic and subword priming during binocular suppression. *Consciousness & Cognition*, *18*(2), 375-382.

Dehaene, S., Naccache, L., Le Clec'H, G., Koechlin, E., Mueller, M., Dehaene-Lambertz, G., et al. (1998). Imaging unconscious semantic priming. *Nature*, *395*, 597–600.

Greenwald, A. & Liu, T. (1985) Limited unconscious process of meaning (Unpublished manuscript). Ohio State University, Ohio, United States.

Higgins. J., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying Heterogeneity in a Meta-Analysis. *Statistics in Medicine*, *21*(11), 1539-1558.

Izatt, G., Dubois, J., Faivre, N., & Koch, C. (2014). A direct comparison of unconscious face processing under masking and interocular suppression. *Frontiers in Psychology*, *5*.

Kang, M. S., Blake, R., & Woodman, G. F. (2011). Semantic analysis does not occur in the absence of awareness induced by interocular suppression. *Journal of Neuroscience*, *31*, 13535–13545.

Karpinski, A., Yale, M., & Briggs, J. C. (2016). Unconscious arithmetic processing: a direct replication. *European Journal of Social Psychology*, *46*(3), 384-391.

Kido, K., & Makioka, S. (2014). Priming effects under continuous flash suppression: an examination on subliminal bottom-up processing. *Japanese Psychological Research*, *56*(2), 126-138.

Kouider, S., & Dupoux, E. (2004). Partial awareness creates the 'illusion' of subliminal semantic priming. *Psychological Science*, *15*, 75–81.

Lei, Y., Dou, H. R., Liu, Q. M., Zhang W. H., Zhang Z. L., & Li H. (2017). Automatic processing of emotional words in the absence of awareness: the critical role of p2. *Frontiers in Psychology*, *8*.

Marcel, A. J. (1983). Conscious and unconscious perception: Experiments on visual masking and word recognition. *Cognitive Psychology*, *15*, 197–237.

Moors, P., & Hesselmann, G. (2017). A critical reexamination of doing arithmetic nonconsciously. *Psychonomic Bulletin & Review, 25*, 472-481.
Morris, S. B., & DeShon, R. P. (2002). Combining effect size estimates in meta-analysis with repeated measures and independent-groups designs. *Psychological Methods, 7*, 105–125.
Mudrik, L., Gelbard-Sagiv, H., Faivre, N., & Koch, C. (2013). Knowing where without knowing what: partial awareness and high-level processing in continuous flash suppression. *Journal of Vision, 13*, 1103.
Overgaard, M., Rote, J., Mouridsen, K., & Ramsøy, T. Z. (2006). Is conscious perception gradual or dichotomous? A comparison of report methodologies during a visual task. *Consciousness and Cognition, 15*, 700–708.
Rabagliati, H., Robertson, A., & Carmel, D. (2018). The importance of awareness for understanding language. *Journal of Experimental Psychology General, 147*(2), 190-208.
Rosenthal, R. (1991). *Meta-analytical procedures for social research*. Newbury Park, CA: Sage.
Sandberg, K., Timmermans, B., Overgaard, M., & Cleeremans, A. (2010). Measuring consciousness: is one measure better than the other? *Consciousness and Cognition, 19*, 1069–1078.
Sklar, A. Y., Levy, N., Goldstein, A., Mandel, R., Maril, A., & Hassin, R. R. (2012). Reading and doing arithmetic nonconsciously. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109*(48), 19614-19619.
Sterne, J. A. C., & Egger, M. (2005). Regression methods to detect publication and other bias in meta-analysis. In H. R. Rothstein, A. J. Sutton, & M. Borenstein (Eds.) *Publication bias in meta-analysis: Prevention, assessment, and adjustments* (pp. 99–110). Chichester, England: Wiley.
Tsuchiya, N., & Koch, C. (2004). Continuous flash suppression [Abstract]. *Journal of Vision, 4*(8): 61, 61a.
Tsuchiya, N., & Koch, C. (2005). Continuous flash suppression reduces negative afterimages. *Nature Neuroscience, 8*(8), 1096-1101.
Van den Bussche, E., Van den Noortgate, W., & Reynvoet, B. (2009). Mechanisms of masked priming: a meta-analysis. *Psychological Bulletin, 135*, 452-477.
Yang, E., Brascamp, J. Kang, M., & Blake, R. (2014). On the use of continuous flash suppression for the study of visual processing outside of awareness. *Frontiers in Psychology, 5*.
Yang, E., Zald, D. H., & Blake, R. (2007). Fearful expressions gain preferential access to awareness during continuous flash suppression. *Emotion 7*, 882–886.
Yang, Y. H., Tien, Y. H., Yang, P. L., & Yeh, S. L. (2017). Role of consciousness in temporal integration of semantic information. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 17*, 954–972.
Yang, Y. H., & Yeh, S. L. (2011). Accessing the meaning of invisible words. *Consciousness and Cognition, 20*(2), 223-233.
Zabelina, D. L., Guzman-Martinez, E., Ortega, L., et al. (2013). Suppressed semantic information accelerates analytic problem solving. *Psychonomic Bulletin & Review, 20*(3), 581-585.
Zimba, L. D., & Blake, R. (1983). Binocular rivalry and semantic processing: Out of sight, out of mind. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9*, 807–815.